



UNIWERSYTET
IM. ADAMA MICKIEWICZA
W POZNANIU

WYDZIAŁ FIZYKI
ZAKŁAD FIZYKI MEZOSKOPOWEJ

ul. Uniwersytetu Poznańskiego 2
61-614 Poznań

prof. dr hab. Ireneusz Weymann

www: weymann.home.amu.edu.pl
email: weymann@amu.edu.pl

**Recenzja rozprawy habilitacyjnej Pani dr inż. Anny Marii Sitek
pt. „Zależne od geometrii własności kropek, pierścieni i drutów kwantowych”
oraz opinia o Jej aktywności naukowej**

Ogólna charakterystyka Habilitantki

Pani dr inż. Anna Sitek jest adiunktem w Katedrze Fizyki Teoretycznej Wydziału Podstawowych Problemów Techniki na Politechnice Wrocławskiej. Problematyka badawcza Kandydatki obejmuje teoretyczną analizę własności optycznych i transportowych układów niskowymiarowych, takich jak kropki kwantowe, pierścienie oraz druty kwantowe. Tego typu nanostruktury są w obrębie zainteresowań fizyków od kilkudziesięciu lat, istnieje jednak wciąż szereg wyzwań, nierozwiązanych problemów i nowych zjawisk, które wymagają odpowiedniego podejścia teoretycznego. Nie bez znaczenia jest również fakt, że niskowymiarowe układy, ze względu na swą skalowalność i możliwość dostrajania poszczególnych parametrów, odgrywają kluczową rolę w badaniach fundamentalnych oddziaływań pomiędzy pojedynczymi elektronami i ich spinami, czy też pomiędzy elektronami a kwantami światła. Ponadto, rozpatrywane nanostruktury posiadają również znaczący potencjał aplikacyjny w nanoelektronice, optyce i informatyce kwantowej. Wszystko to sprawia, że fizyka układów nanoskopowych jest intensywnie rozwijana w wiodących ośrodkach naukowych na świecie.

Habilitantka zainteresowała się tą problematyką w trakcie studiów magisterskich, które odbyła na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki na Politechnice Wrocławskiej, przygotowując pod opieką prof. dra hab. inż. Pawła Machnikowskiego pracę magisterską pt. „Dekoherencja stanów ładunkowych zlokalizowanych w układach kropek kwantowych”. Od 2006 roku, w ramach studiów doktoranckich, Kandydatka dalej rozwijała swoje zainteresowania badawcze dotyczące fizyki nanostruktur, prowadząc pod opieką prof. Machnikowskiego badania nad efektami kolektywnymi w emisji spontanicznej z układów podwójnych kropek kwantowych. Pracę doktorską obroniła w 2010 roku uzyskując stopień naukowy doktora nauk fizycznych w zakresie fizyki. Od tegoż roku jest zatrudniona na Politechnice Wrocławskiej; do 2013 roku na stanowisku asystenta, a następnie na stanowisku adiunkta (do 2014 roku w Instytucie Fizyki, a od 2014 roku w Katedrze Fizyki Teoretycznej).

Dr Sitek posiada rozbudowaną współpracę naukową z zagranicznymi jednostkami badawczymi. W trakcie studiów doktoranckich spędziła rok akademicki na stażu doktorskim na Technical University of Berlin w ramach stypendium DAAD. Natomiast po doktoracie, w 2011 i 2013 roku, przebywała przez kilka miesięcy jako naukowiec wizytujący na Uniwersytecie w Reykjavíku, gdzie rozpoczęła współpracę z prof. Andrei'em Manolescu. Z kolei w 2014 roku wyjechała na dwuletni staż podoktorski na

Uniwersytet Islandzki, gdzie pracowała w grupie prof. Manolescu, a także rozpoczęła współpracę z prof. Vidarem Gudmundssonem. Dwa kolejne lata dr Sitek spędziła na Uniwersytecie w Reykjavíku, by powrócić do Polski w 2018 roku. Natomiast od lutego 2019 roku Kandydatka ponownie przebywa na stażu podoktorskim na Uniwersytecie w Reykjavíku.

Dorobek naukowy Habilitantki obejmuje łącznie 28 artykułów naukowych, z czego 8 publikacji powstało przed doktoratem, 5 prac ukazało się w materiałach pokonferencyjnych (jedna przed doktoratem). Dr Sitek jest także współautorem rozdziału przeglądowego w *Lecture Notes in Nanoscale Science and Technology* (Springer, 2014). Łączna liczba cytowań publikacji Kandydatki wynosi 115 (181 z autocytowaniami), natomiast indeks Hirscha jest równy 6. Powyższe parametry bibliometryczne nie są zbyt wysokie biorąc pod uwagę obecny etap kariery naukowej. Jednak warto zaznaczyć, że od chwili złożenia dokumentacji indeks h wzrósł do 7, a liczba cytowań do 130. Wskazuje to, że prace Habilitantki, zwłaszcza te z ostatnich kilku lat, są coraz bardziej zauważane i doceniane przez środowisko naukowe.

Ocena osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe będące podstawą ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego dr Sitek przedłożyła cykl publikacji pt. „Zależne od geometrii własności kropek, pierścieni i drutów kwantowych”. Na cykl składa się siedem artykułów, które ukazały się w prestiżowych czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym. Dwie prace zostały opublikowane w *Physical Review B* oraz po jednej w *Physical Review A*, *Optical and Quantum Electronics*, *Nanotechnology*, *Scientific Reports* i *Nano Letters*. Trzy pierwsze prace cyklu habilitacyjnego są dwuautorskie, natomiast cztery kolejne artykuły są pracami wieloautorskimi. Istotnym jest tutaj fakt, że we wszystkich publikacjach dr Sitek jest pierwszym autorem. Jak wynika z oświadczeń Habilitantki oraz współautorów, jej wkład w powstanie prac wchodzących w skład cyklu był zdecydowanie wiodący. Dr Sitek opracowała odpowiednie modele do analizy badanych zjawisk, wykonała większość obliczeń, dokonała interpretacji otrzymanych wyników oraz przygotowała wstępną wersję artykułów do publikacji. Ponadto, w trzech pracach [H2, H3, H5] rola Habilitantki była zdecydowanie kluczowa, gdyż była Ona pomysłodawczynią koncepcji i hipotezy przeprowadzonych badań.

Głównym celem cyklu habilitacyjnego było określenie roli jaką odgrywa geometria (rozmiar, kształt i rozmieszczenie poszczególnych elementów) we własnościach energetycznych, transportowych oraz optycznych kropek, pierścieni i drutów kwantowych. Fizyka tego typu układów jest w zasadzie badana od wielu lat, jednak systematyczna analiza wpływu geometrii na własności rozpatrywanych nanostruktur nie była dotąd odpowiednio dobrze przebadana. Habilitantka podjęła starania by zgłębić to zagadnienie i uzyskała szereg interesujących rezultatów. Poniżej omówię pokrótce najważniejsze z nich.

Pierwsze trzy prace cyklu [H1-H3] dotyczą układów samorosnących kropek kwantowych. Publikacja [H1] porusza problem koherencji indukowanej przez próżnię w układzie podwójnych wertykalnych kropek kwantowych. W układach takich zachodzi proces koherentnego transferu ekscytonu zlokalizowanego na jednej z kropek kwantowych do stanu zdelokalizowanego, w którym ekscyton zostaje spuławkowany. Tego typu proces jest jednak silnie zależny od niejednorodności struktury (kropek kwantowych) i dla stosunkowo niewielkich różnic w wartościach energii dla przejścia podstawowego prowadzi do zaniku zjawiska puławkowania ekscytonu. W pracy pokazano, że odpowiedni dobór parametrów układu, m.in. sprzężenia pomiędzy

kropkami kwantowymi, pozwala odbudować zjawisko koherencji indukowanej przez próżnię. Kolektywne zjawiska optyczne w układach kropek kwantowych były także przedmiotem badań w pracach [H2, H3]. Tym razem uwagę skupiono na formowaniu się stanów Dicke (stanów sub- i super-radiacyjnych) w układach zawierających większą liczbę kropek kwantowych (do czterech). Pokazano, że dla układów trzech kropek kwantowych możliwe jest spułapkowanie ekscytonów, natomiast w przypadku czterech kropek kwantowych można otrzymać dwuekscytonowe stany ciemne. Ponadto, przy pomocy równania Lindblada w przybliżeniu Markova zbadano dynamikę obsadzeń kropek kwantowych stwierdzając istnienie regularnych oscylacji bądź dudnień w zależności od liczby kropek kwantowych w układzie.

Kolejne trzy publikacje cyklu [H4-H6] są poświęcone badaniu własności elektronowych i optycznych pierścieni kwantowych. W pierwszej pracy przebadano rozmieszczenie przestrzenne stanów elektronowych dla trójkątnych pierścieni kwantowych, wykazując lokalizację niskoenergetycznych stanów w narożnikach wielokąta. Ponadto, wyznaczono spektrum absorpcji i pokazano, że można nim sterować poprzez przyłożenie pola elektrycznego do układu. Badania te zostały rozszerzone w pracy [H5], gdzie przeprowadzono analizę wpływu geometrii trójkątnych pierścieni na zjawisko lokalizacji stanów elektronowych oraz absorpcję. Wykazano, iż energie stanów oraz przerwa energetyczna pomiędzy stanami zlokalizowanymi w narożnikach trójkąta a tymi zlokalizowanymi wzdłuż jego krawędzi silnie zależy od rozmiarów struktury (stosunku grubości do długości boków). Odpowiednie zaprojektowanie nanostruktury pozwala zatem na uzyskanie odpowiedniego spektrum absorpcji układu. Z kolei w publikacji [H6] rozważano wpływ uprzednio zaniedbanych oddziaływań kulombowskich na własności wielokątnych pierścieni kwantowych. Pokazano, że korelacje elektronowe prowadzą do powstania stanów przerwowych zlokalizowanych w narożnikach wielokąta o energiach, które były zakazane w przypadku układów z nieoddziałującymi elektronami. W pracy omówiono również warunki, przy których możliwe są przejścia optyczne do tych stanów, a także przeanalizowano wpływ zewnętrznego pola magnetycznego na spektrum absorpcji.

Natomiast ostatnia praca cyklu habilitacyjnego [H7] dotyczy badania ekscytonów w drutach kwantowych typu rdzeń-powłoka o wielokątnym przekroju poprzecznym (trójkątnym, kwadratowym, bądź sześciokątnym). W publikacji opisano formowanie się przerwowych, aktywnych optycznie singletowych stanów ekscytonowych, które powstają ze współoddziaływania nośników zlokalizowanych w narożnikach wielokąta oraz korelacji elektronowych pomiędzy nimi. W pracy wyznaczono także czas życia tych stanów i omówiono proces ich rekombinacji.

Moim zdaniem przedstawione osiągnięcie habilitacyjne stanowi istotny wkład w rozwój fizyki nanostruktur. Prace cyklu habilitacyjnego przyczyniają się do lepszego zrozumienia własności fizycznych kropek, pierścieni i drutów kwantowych, a w szczególności do wyjaśnienia roli oraz wpływu geometrii danej nanostruktury na obserwowane własności elektronowe, transportowe i optyczne. Przeprowadzone badania wskazują, że odpowiednia strukturyzacja układu pozwala otrzymać pożądane własności fizyczne, co jest niewątpliwie cenne z aplikacyjnego punktu widzenia.

Ocena pozostałej aktywności naukowej

Pozostały dorobek naukowy Habilitantki obejmuje 21 publikacji naukowych z bazy JCR oraz jeden rozdział przeglądowy i pięć artykułów w materiałach pokonferencyjnych. Znakomita większość prac ukazała się w bardzo dobrych czasopismach, takich jak Physical Review Letters, Physical Review B, ACS Photonics, Annalen der Physik czy

Computer Physics Communications. W ramach prowadzonych badań dr Sitek zajmowała się również, między innymi, zjawiskami transportu w układach kropek i drutów kwantowych, wpływem sprzężenia elektron-foton czy też lokalizacji elektronów na własności transportowe nanostruktur. Habilitantka pracowała także nad problemem istnienia zeroenergetycznych modów Majorany w pierścieniach kwantowych. Wszystko to wskazuje, że spektrum zainteresowań dr Sitek jest dość szerokie i obejmuje najnowsze trendy w fizyce ciała stałego.

Kandydatka prezentowała wyniki swoich badań na blisko 30 konferencjach naukowych w kraju i za granicą, wygłaszając 9 referatów, w tym 4 na zaproszenie. Za swoje osiągnięcia naukowe otrzymała między innymi Nagrodę Rektora Politechniki Wrocławskiej (2011) oraz Stypendium Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla wybitnych młodych naukowców (2011).

Habilitantka uczestniczyła w realizacji wielu projektów naukowych jako wykonawca bądź główny wykonawca, nie kierowała jednak dotąd samodzielnie projektem badawczym. Moim zdaniem samodzielny pracownik naukowy powinien wykazać się umiejętnością zdobywania środków na prowadzenie własnych badań naukowych. Jest to z pewnością ważny krok na drodze do usamodzielnienia się i założenia własnej grupy badawczej. Rozumiem, że w przypadku Kandydatki aplikowanie o projekty mogło być nieco utrudnione przez fakt, że od 2014 roku nie przebywa w Polsce (NCN wymaga spędzenia przynajmniej połowy czasu w jednostce realizującej grant), mam jednak nadzieję, że po powrocie do kraju dr Sitek z sukcesem zaaplikuje o własny grant.

Dr Sitek sprawowała opiekę naukową nad dwoma studentami oraz czterema doktorantami. Prowadziła zajęcia dydaktyczne na Politechnice Wrocławskiej m.in. z ćwiczeń do Mechaniki kwantowej, Quantum mechanics i Advanced quantum mechanics (po angielsku) oraz z Laboratorium podstaw fizyki ogólnej. Kandydatka wygłosiła dwa popularnonaukowe referaty – jeden w liceum w Ostrzeszowie i jeden na Uniwersytecie w Reykjavíku. Jest recenzentem takich czasopism jak Physical Review Letters, Physical Review A oraz Physical Review B, dla których przygotowała ok. 30 recenzji.

Habilitantka prowadzi intensywną współpracę międzynarodową, głównie z prof. Andrei'em Manolescu oraz prof. Vidarem Gudmundssonem, z którymi posiada ok. 20 wspólnych publikacji. W załączonej dokumentacji dr Sitek wymienia także 10 innych jednostek naukowych, z którymi współpracuje, co jest udokumentowane odpowiednimi publikacjami. Wszystko to jasno świadczy o dużym usamodzielnieniu się Kandydatki po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, gdyż większość opublikowanych po doktoracie prac powstała bez udziału promotora rozprawy doktorskiej.

Podsumowanie

W podsumowaniu stwierdzam, iż zarówno recenzowane osiągnięcie naukowe, jak i ogólna aktywność naukowa Habilitantki, spełniają kryteria zwyczajowe oraz te określone w art. 16 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Wnoszę zatem o dopuszczenie Pani dr inż. Anny Sitek do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego oraz popieram wnioski o nadanie Jej stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych w dyscyplinie fizyka.

Poznań, 31 maja 2019 roku

